Pest Management Regulatory Agency
Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire

Proposed Acceptability for Continuing Registration

PACR2003-01

Re-evaluation of Phorate

The organophosphate active ingredient phorate and associated end-use products were proposed for re-evaluation under Section 19 of the Pest Control Products Regulations in June 1999.

As a result of the re-evaluation, it is proposed that uses of phorate on corn, lettuce, beans and rutabaga for which alternatives exist, would be phased out by the end of 2003. For potatoes, where available pest management alternatives are limited (especially for wireworms), the Pest Management Regulatory Agency (PMRA) is proposing that use be phased out by the end of 2004.

This Proposed Acceptability for Continuing Registration document provides a summary of the data reviewed and the rationale for the proposed regulatory decision for phorate. The PMRA will accept written comments on the proposed regulatory decision up to 60 days from the date of publication of this document. Please forward all comments to the Publications Coordinator at the address below.

(publié aussi en français)

January 27, 2003

This document is published by the Alternative Strategies and Regulatory Affairs Division, Pest Management Regulatory Agency. For further information, please contact:

Publications Coordinator
Pest Management Regulatory Agency
Health Canada
2720 Riverside Drive
A.L. 6605C
Ottawa, Ontario
K1A 0K9

Internet: *pmra_publications@hc-sc.gc.ca*
www.hc-sc.gc.ca/pmra-arla/
Information Service:
1-800-267-6315 or (613) 736-3799
Facsimile: (613) 736-3798

Health Canada Santé Canada

Canada

ISBN: 0-662-32857-4
Catalogue number: H113-18/2003-1E

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, represented by the Minister of Public Works and Government Services Canada 2003

All rights reserved. No part of this information (publication or product) may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical photocopying, recording or otherwise, or stored in a retrieval system, without prior written permission of the Minister of Public Works and Government Services Canada, Ottawa, Ontario K1A 0S5.

Foreword

The re-evaluation of the active ingredient phorate and the associated end-use products for insecticidal use on corn, lettuce, beans, rutabagas and potatoes, has been completed by the Pest Management Regulatory Agency (PMRA).

The PMRA announced in June 1999 that organophosphate active ingredients, including phorate, were subject to re-evaluation under authority of Section 19 of the Pest Control Products (PCP) Regulations.[1]

The PMRA has carried out an assessment of available information and has concluded that the use of phorate and associated end-use products in accordance with the label does entail an unacceptable risk of harm to the environment pursuant to Section 20 of the PCP Regulations. Therefore, the use of phorate and associated end-use products on corn, lettuce, beans and rutabagas, for which alternatives exist, will be phased out by the end of 2003. For potatoes, where available pest management alternatives are limited (especially for wireworms), the PMRA is proposing that use be phased out by the end of 2004.

It is proposed that the Food and Drug Regulations be amended so that food with quantifiable residues of phorate cannot be sold in Canada once Canadian use has been phased out, unless additional data to support phorate residues in imported food are provided.

The PMRA will accept written comments up to 60 days from the date of publication of this document to allow interested parties an opportunity to provide input into the proposed re-evaluation decision for these products.

---

[1] See Re-evaluation Document REV99-01, *Re-evaluation of Organophosphate Pesticides*

Table of Contents

1.0 Purpose 1

2.0 General background on re-evaluation 2

3.0 Re-evaluation of phorate 3

4.0 Effects having relevance to human health 3
- 4.1 Toxicology summary 3
  - 4.1.1 Acute reference dose 4
  - 4.1.2 Acceptable daily intake 4
  - 4.1.3 Occupational end points 4
- 4.2 Occupational risk assessment 5
- 4.3 Dietary risk assessment 5
  - 4.3.1 Residue of concern 6
  - 4.3.2 Acute dietary (food) risk 6
  - 4.3.3 Chronic dietary (food) risk 6
  - 4.3.4 Aggregate risk 7

5.0 Environmental assessment 7
- 5.1 Environmental fate 7
- 5.2 Environmental toxicology 8
- 5.3 Terrestrial assessment 8
- 5.4 Aquatic assessment 9
- 5.5 Environmental assessment conclusions 9
- 5.6 Potential for environmental mitigation 10

6.0 Value 10
- 6.1 Major crop uses 10
  - 6.1.1 Potatoes 11
  - 6.1.2 Rutabaga 11
  - 6.1.3 Corn 11
- 6.2 Phorate and integrated pest management 12

7.0 Other assessment considerations 12

8.0 Proposed regulatory action 12
- 8.1 Thimet 15-G Soil & Systemic Insecticide Granular 13
- 8.2 Maximum residue limits (MRLs) for phorate 14
- 8.3 Proposed re-evaluation decision 14

List of abbreviations 15

Appendix I Evidence for bird kills with granular phorate applications 17

Appendix II Information used to estimate the surface exposure of granular phorate 19

1.0 Purpose

The Pest Management Regulatory Agency (PMRA) announced in June 1999 that organophosphate active ingredients, including phorate, were subject to re-evaluation under authority of Section 19 of the Pest Control Product (PCP) Regulations.[2] The purpose of this document is to inform the registrant, pesticide regulatory officials and the Canadian public that the PMRA has completed a review of phorate. The document includes a human health assessment, an environmental assessment and information on the value of phorate to pest management in Canada. By way of this document, the Agency is soliciting comments from interested parties on the proposed regulatory decision for phorate.

2.0 General background on re-evaluation

The PMRA is re-evaluating, under Section 19 of the Regulations pursuant to the *Pest Control Products Act* (PCP Act), all pesticides, both active ingredients and formulated end-use products, that were registered prior to 1995 to ensure that their continued acceptability is examined using current scientific approaches. Regulatory Directive DIR2001-03, *PMRA Re-evaluation Program*, outlines the details of the re-evaluation activities. Phorate is under reassessment in the United States (U.S.) as a result of the *Food Quality Protection Act* and therefore is being re-evaluated by the PMRA under Program 3. The following components are addressed and considered in this re-evaluation:

Risk to human health: The initial focus of the re-evaluation of a pest control product in Program 3 is the risk to human health. As indicated in DIR2001-03, the reassessment in Program 3 pays particular attention to:

- pest control products with a common mechanism of toxicity,
- aggregate exposure to a pesticide arising from its residues in food and in drinking water, and from non-occupational exposure, such as from treatments in and around homes, and
- susceptibility and exposure of infants and children that may be different from that of adults during critical developmental stages.

The re-evaluation of risks to human health also includes a re-examination of the acceptability of risks resulting from occupational exposure. Once the reassessments of all the individual organophosphates have been completed, a cumulative assessment of all the remaining uses of organophosphates will be conducted.

Risk to the environment: The environmental assessments will be tiered, with refined environmental risk assessments taking place only on those actives, products or uses that pass the cumulative health risk assessment or, for unique mechanisms of toxicity, that are

---

2 See Re-evaluation Document REV99-01, *Re-evaluation of Organophosphate Pesticides*

acceptable from a human health perspective. At the first tier, based on an identification of hazards to non-target organisms, measures to reduce environmental exposure will be implemented where warranted. These measures may include removing uses that are obsolete, reducing the number of applications, requiring buffer zones to protect sensitive habitats, and taking regulatory action against uses that have been determined to be extremely high risk to organisms in the environment. In general, uses that remain after the first tier assessment will be revisited when the results of refined environmental assessments are available.

Value: The PMRA seeks to understand, as early as possible in the process, the current uses of the products and their importance for pest management. The PMRA relies to a great extent on provincial and territorial government input. Registrants and users are also an important source of information. Environment Canada, the Department of Foreign Affairs and International Trade, Canadian Food Inspection Agency and Agriculture and Agri-Food Canada are also contacted in the process for information specific to their areas of expertise.

The outcome of the re-evaluation of a pesticide, including proposed risk mitigation measures, will be published in a consultation document at the end of the aggregate human health risk assessment and the first tier environmental assessment. In some cases, the PMRA will implement changes in regulatory status of products prior to public consultation, especially where the PMRA considers risk mitigation not effective or practical, or where registrants have opted for voluntary discontinuation of sale of products.

3.0 Re-evaluation of phorate

Phorate is one of the 27 organophosphate insecticides subject to re-evaluation in Canada. The re-evaluation of phorate was announced in REV99-01. Phorate is registered by BASF (formerly by Cyanamid Crop Protection) and is sold as a granular soil insecticide. There is one end-use product, Thimet 15-G Soil and Systemic Insecticide. This product uses clay granules as a carrier and is applied in-furrow at planting time to control a variety of insects feeding on potatoes, beans, corn, lettuce and rutabagas. Thimet 15-G is sold either in returnable Lock'n Load® containers, which are mounted on modified planter lids and are designed to minimize occupational exposure, or in 25 kg multiwall paper bags.

4.0 Effects having relevance to human health

4.1 Toxicology summary

The toxicology database supporting phorate is primarily based on studies available from the registrant. In laboratory animals, phorate was found to be extremely acutely toxic following acute oral, dermal and inhalation exposures. Following both single and repeated dosing, the most sensitive indicator of toxicity was the inhibition of acetylcholinesterase, an enzyme necessary for the proper functioning of the nervous

system or clinical signs of cholinergic toxicity. Female animals were more sensitive to the toxic effects of phorate. Phosphorylated phorate metabolites (phorate sulfoxide and phorate sulfoxone) are of comparable toxicity to phorate. Phorate did not cause any apparent delayed neurotoxicity and there was no evidence of histopathological effects on the central nervous system in any of the available studies. Phorate was not found to be genotoxic nor was it carcinogenic to either rats or mice. Phorate did not cause fetal malformations in either rats or rabbits, nor did it cause reproductive toxicity in rats other than reduced viability of the young at doses that were maternally toxic. The developmental and reproductive toxicity studies did not demonstrate any sensitivity of young animals relative to adult animals although lack of cholinesterase measurements in these studies precluded a definitive assessment of this issue. On the basis of the available toxicity studies, phorate is anticipated to have a high dermal absorption potential. One of the most remarkable features of phorate was the steepness and potency of the dose–response with acute and short-term dosing. No observed adverse effect levels (NOAELs) were very close to dose levels that elicited mortality in the test animals.

Reference doses have been set based on NOAELs for the most sensitive indicator of toxicity, namely acetylcholinesterase inhibition and cholinergic signs of toxicity. These reference doses incorporate various uncertainty factors to account for extrapolating between rats and humans and for variability within human populations as well as an additional safety factor to account for an extra level of protection that is warranted by the data (i.e., steepness and potency of the dose–response).

4.1.1 Acute reference dose (ARfD)

In animal studies, the adverse effects noticeable at the lowest dose (i.e., the toxicity end point) were clinical signs observed in an acute rat neurotoxicity study (NOAEL = 0.25 mg/kg body weight (bw)). The uncertainty factor was 100 (10× for interspecies extrapolation × 10× intraspecies variability). An additional safety factor of 10× was applied to account for the steepness of the dose–response and the high degree of potency (based on lethality at very low doses). The acute reference dose was calculated to be 0.00025 mg/kg bw (0.25 mg/kg bw ÷ 1000). This value was considered to be protective of infants and children.

4.1.2 Acceptable daily intake (ADI)

As the ARfD value was lower than any acceptable daily intake derived from any of the repeat-dose toxicity studies (reflecting the high acute toxicity and use of the additional safety factor), the ADI was established at the same value as the ARfD. Thus the ADI is 0.00025 mg/kg bw/d.

4.1.3 Occupational end points

The PMRA used a NOAEL of 0.41 mg/kg bw/d from a 28-day dermal toxicity study for short- and intermediate-term dermal risk assessment in which there was inhibition of

cholinesterase activity at the next dose level. A margin of exposure (MOE) of 1000 was selected to include 10× for interspecies extrapolation, 10× for intraspecies variability and an additional safety factor of 10×. This additional safety factor was selected to account for the steepness of the dose–response and potency of phorate via this route.

The PMRA used a NOAEL of 0.081 mg/kg bw/d from a 13-week dietary neurotoxicity study for short- and intermediate-term inhalation risk assessment, in which there was inhibition of cholinesterase activity at the next dose level. An MOE of 1000 was selected to include 10× for interspecies extrapolation, 10× for intraspecies variability and an additional safety factor of 10×. This additional safety factor was selected to account for the steepness of the dose–response and potency of phorate.

4.2 Occupational risk assessment

Workers can be exposed to a pesticide through loading or applying the pesticide, and re-entering a treated site. Worker risk is estimated by an MOE that determines how close the occupational exposure comes to the NOAEL taken from animal studies. For workers entering a treated site, re-entry intervals are calculated where required, to determine the minimum length of time required before workers or others are allowed to enter.

The risks from loading and applying the clay-based granular Thimet 15-G (15% active ingredient) using a Lock'n Load closed handling system and other mitigation measures, are below the PMRA's level of concern. Approximately 60% of Thimet 15-G is sold in Lock'n Load packaging, according to the registrant. The risk of loading Thimet 15-G in paper bags (open loading) exceeds the Agency's level of concern.

Chemical-specific exposure information was used to assess the closed handling system scenario (Lock'n Load). The Pesticide Handlers Exposure Database (PHED) was used to assess the open mixing and loading scenario. For Thimet 15-G, adequate worker protection would be afforded under the following conditions: for loading activities: Lock'n Load packaging, and personal protective equipment including chemical resistant apron and gloves; and for application activities: closed cab. As an interim measure pending implementation of closed cabs, chemical resistant coveralls over long pants and long sleeves, chemical resistant gloves and a respirator are recommended for application activities.

Adequate MOEs were not obtained for open loading activities with Thimet 15-G packaged in paper.

The PMRA has concluded that exposure to persons entering treated sites after application is considered minimal due to the application method (soil incorporation at planting). A Re-entry interval of 48 h based on acute toxicity is sufficient to protect workers who may re-enter treated areas.

4.3 Dietary risk assessment

In a dietary exposure assessment, the PMRA determines how much of a pesticide residue, including residues in fruits, vegetables, milk, meat, eggs and processed products, may be ingested with the daily diet. These dietary assessments are age specific and incorporate the different eating habits of the population at various stages of life (infants, children, adolescents, adults and seniors). For example, assessments take into account children's greater consumption of fruit, vegetables and juices for their body weight compared with adults.

4.3.1 Residue of concern

The residue of concern (ROC) has been redefined as phorate, phorate sulfoxide, phorate sulfoxone, phorate oxon, phorate oxon sulfoxide and phorate oxon sulfone. This ROC definition is consistent with that of other regulatory agencies including the U.S. Environmental Protection Agency (EPA), United Kingdom Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (U.K. MAFF) and Codex.

4.3.2 Acute dietary (food) risk

Acute dietary risk is calculated using food consumption and food residue values. A probabilistic statistical analysis allows all possible combinations of food consumption and residue levels, to be combined to estimate a distribution of the amount of phorate residue that might be eaten in a day. An exposure value representing the high end (99.9th percentile) of this distribution is compared with the ARfD, which is the dose at which an individual could be exposed on any given day and expect no adverse health effects. When the calculated intake, called the potential daily intake, from residues is less than the ARfD, the intake is not considered to be of concern.

The acute dietary risk from foods treated with phorate was not a concern for the general Canadian population and all population subgroups (i.e., less than 100% of the ARfD is consumed). The assessment has been conducted using market basket survey, monitoring, and residue data, as well as maximum residue limits (MRLs) and U.S. tolerances for some imported crops. Percent crop treated data were used for domestic and imported crops, and processing factors were used where relevant. At the 99.9th percentile of exposure, the most highly exposed population subgroup, children (1–6 years old), consume 35% of the ARfD in their food. All other subpopulations had potential daily intakes less than 25% of the ARfD. Potatoes are the major contributor to the acute dietary risk.

4.3.3 Chronic dietary (food) risk

The chronic dietary risk was calculated by using the average consumption of different foods, and average residue values on those foods, over a 70-year lifetime. This expected intake of residues is compared with the ADI, which is the dose at which an individual

could be exposed over the course of a lifetime and expect no adverse health effects. When the expected intake from residues is less than the ADI, the expected intake is not considered to be of concern. The risk assessment was conducted using MRLs, average residues, percent crop treated data and processing factors.

Chronic dietary exposure from foods treated with phorate is not a concern for the general Canadian population and all population subgroups including children and infants (i.e., less than 100% of the ADI is consumed).

The most highly exposed population subgroup, children (1–6 years old), consume 7% of the ADI in their food.

4.3.4 Aggregate risk

Aggregate risk assessment looks at the combined potential risk associated with exposures from food, drinking water, and residential uses of a pesticide. Generally, when the risks from these exposures are combined, and are still less than 100% of the ARfD and ADI, the aggregate risk is not considered of concern. As residential use of phorate is not permitted, the aggregate risk assessment for phorate considers food and water only.

The EPA assessment for phorate concluded based on conservative tier 1 (SCI-GROW) modelling that the maximum estimated concentrations of phorate and metabolites in groundwater are greater than the drinking water level of concern (DWLOC) for chronic drinking water exposure. As conservative modelling estimates exceed the DWLOC, drinking water monitoring data would be required to determine actual concentrations in drinking water if registration of these products is maintained.

5.0 Environmental assessment

The PMRA currently conducts a deterministic assessment of the environmental risk of pest control products. Environmental risk is characterized using the quotient method, which uses the ratio of the estimated environmental concentrations to the effects end point of concern. Quotient values less than one are considered indicative of a low hazard to non-target organisms, whereas values greater than one are considered to indicate that some degree of hazard exists for effects on non-target organisms.

5.1 Environmental fate

Phorate is soluble in water at 50 mg/L and highly volatile with a vapour pressure of 85 mPa at 25°C. The *n*-octanol–water partition coefficient (log K_{ow}) is 3.92, which indicates potential for bioaccumulation. The Henry's law constant is 4.368×10^{-6}, which indicates there is potential to volatilize from water or moist soil.

Phorate in soil is transformed by chemical and microbial action. It is moderately persistent in soil (time required for 50% dissipation (DT_{50}) = 49–75 d) under field

conditions, as seen in field studies in British Columbia. The major transformation products phorate sulfoxide and phorate sulfone, that are formed as a result of microbial action, are moderately persistent (DT_{50} = 65–137 d) in soil under laboratory conditions. These transformation products retain the phosphorylated structure and are expected to exhibit cholinesterase inhibition and therefore be as toxic as the parent compound phorate.

Phorate is strongly sorbed to soil and is classified as having slight (K_{oc} = 2000–3000) to moderate mobility (K_{oc} = 224–450) in a range of soil types. Phorate sulfoxide and phorate sulfone partition preferentially into water and are both classified as having moderate (K_{oc} = 172–210) to high mobility (K_{oc} = 71–91) in a range of soil types. Phorate and its major transformation products can enter aquatic systems through run-off, however, the latter are more mobile than the parent compound.

Although there may be contamination of surface water through run-off, phorate is not persistent in water owing to rapid hydrolysis. In sterile water at pH 5, 7 and 9, the half-lives are 2.6, 3.2 and 3.9 d, respectively. Photolysis is also an important route of transformation (dark control adjusted half-life of 1.9 d in pH 7 buffer solutions after 7 d of continuous irradiation). Formaldehyde, phorate sulfoxide and phorate sulfone are major transformation products formed during hydrolysis and aqueous photolysis. Aerobic aquatic biotransformation studies with nonsterile pond water showed that the parent compound and transformation products did not persist in the water (phorate DT_{50} of 0.5 d, phorate sulfoxide DT_{50} of 9 d, phorate sulfone DT_{50} of 21 d and formaldehyde reached 17% of applied by 14 d after treatment).

5.2 Environmental toxicology

Studies have shown that phorate is very highly toxic to birds on an acute oral basis (mallard duck mean lethal dose (LD_{50}) = 0.62 mg a.i./kg), and is highly toxic to birds on a dietary basis (mallard duck LD_{50} = 248 mg a.i./kg). Phorate is very highly toxic to small mammals on an acute oral basis (rat LD_{50} = 1.1–3.7 mg a.i./kg), and on a dietary basis (rat LD_{50} = 28 mg a.i./kg). Phorate is very highly toxic on an acute basis to fish (rainbow trout mean lethal concentration (LC_{50}) = 13 µg a.i./L) and to aquatic invertebrates (*Gammarus fasciatus* LC_{50} = 4 µg a.i./L). Phorate is moderately to highly toxic to bees on an acute contact basis (0.32–10.1 µg a.i./bee).

5.3 Terrestrial assessment

Extremely high risks to terrestrial organisms have been identified from currently registered uses of phorate. This assessment is supported by reports of incidents in Canada and the U.S. (see Appendix 1).

Estimated exposure concentrations for terrestrial organisms exceed acute effects levels for both birds and mammals. For in-furrow applications, the estimated surface exposure is 1% (see Appendix 2). For banded subsurface emplacement to corn and rutabagas, the

estimated surface exposure is 15%. The acute risk from direct consumption of granules is greatest for smaller species. The number of lethal doses (LD_{50}s) that are available within one square metre immediately after application ($LD_{50}s/m^2$) is used as the risk quotient (RQ) for granular products.

- Risk quotients for acute effects in mammals were greater than 1 LD_{50}/m^2, the threshold of concern for tested species, for use on potatoes and beans. Risk quotients ranged from 198 to 13 112 LD_{50}/m^2 for surface broadcast applications to beans and 98 to 6 481 LD_{50}/m^2 for in-furrow applications to potatoes, depending upon the size of the mammal. For applications to lettuce, risk quotients ranged from 99 to 6556 LD_{50}/m^2, for corn from 101 to 6782 LD_{50}/m^2 and for rutabagas from 417 to 55 340 LD_{50}/m^2. These are classified as high to extremely high risk.

- Risk quotients for acute effects in birds were greater than 1 LD_{50}/m^2, the threshold of concern for tested species, for use on beans and potatoes. Risk quotients ranged from 170 to 21 623 LD_{50}/m^2 for surface broadcast applications to beans and 84 to 10 687 LD_{50}/m^2 for in-furrow applications to potatoes depending upon the size of the bird. For applications to lettuce risk quotients ranged from 85 to 10 811 LD_{50}/m^2, for corn from 88 to 11 184 LD_{50}/m^2 and for rutabagas from 358 to 91 263 LD_{50}/m^2. These risk quotients are classified as high risk to extremely high risk. Birds may also be exposed by other routes, such as by walking on exposed granules and bathing, drinking water contaminated by granules and by eating tainted prey.

5.4 Aquatic assessment

Extremely high risks to aquatic organisms have been identified from all currently registered uses of phorate. This assessment is supported by reports of incidents of adverse effects in the U.S. Similar effects may have occurred in Canada, but there is no equivalent reporting system in this country.

Estimated environmental concentrations exceed acute and chronic effects levels in both fish and aquatic invertebrates:

- Risk quotients for acute and chronic effects on the majority of freshwater aquatic invertebrates tested were greater than 1, the threshold of concern. Risk quotients exceeded 1000 for use on potatoes (RQ = 1476), beans (RQ = 1495), lettuce (RQ = 1917), corn (RQ = 2650) and rutabagas (RQ = 4500) and are classified as extremely high risk.

- Risk quotients for acute and chronic effects on freshwater fish were greater than 1, the threshold of concern. Values exceeded 100 for applications to beans (RQ = 165), corn (RQ = 122) and rutabagas (RQ = 415) and are classified as very high risk. For applications to lettuce (RQ = 89), the acute and chronic risks were classified as high risk, as the RQ was greater than 10.

- For estuarine and marine fish and invertebrates, the acute and chronic risk quotients exceeded 1000, which is classified as extremely high risk.

5.5 Environmental assessment conclusions

Risk quotients and margins of safety calculated for applications of Thimet 15-G indicate risks for all groups of organisms (birds, mammals, fish and aquatic invertebrates) for all application scenarios. Based on the available toxicity data, risk is classified as high to extremely high risk for freshwater aquatic organisms and high to extremely high risk for birds. Similarly, risk to mammals is classified as high risk for large mammals to extremely high risk to small mammals.

The identified risks to birds and fish are supported by reported incidents arising from labelled use of the products.

5.6 Potential for environmental mitigation

Phorate is highly toxic to all terrestrial and aquatic species tested. Incident reports of bird and mammal fatalities in Canada, the U.S. and the U.K. support the conclusion that phorate presents a significant risk to birds and wildlife. One granule is sufficient to kill a small bird or mammal. In view of the extreme toxicity, reduction in application rates is unlikely to reduce risks appreciably. With granular applications to agricultural crops, the PMRA is aware of no mitigation options currently available for reducing terrestrial and aquatic exposure that have been confirmed by studies.

Surface broadcast application presents the greatest risk owing to the large number of exposed granules. Although soil incorporation is expected to lower the risk of terrestrial and aquatic exposure, it still presents a very high risk owing to unincorporated granules remaining exposed on the surface. The risk to small and moderate sized birds and small or moderately sized mammals remains high to very high with either method of application. Owing to its extreme toxicity to all organisms tested, the very high risk to moderate and smaller sized birds and mammals, the incident reports of bird and mammal mortalities (including large raptors in Canada), plus the persistence and mobility of the toxic sulfoxide and sulfone transformation products, the PMRA has concluded that the use of phorate in Canada presents a high risk to the environment.

6.0 Value

6.1 Major crop uses

Most phorate used in Canada is applied to potatoes. Phorate may also be used in beans, corn, lettuce and rutabaga. Clay granules containing phorate are distributed in the furrow or banded on each side of the row at planting time. Phorate is a systemic insecticide that controls foliage feeding insects in addition to soil insects.

Respondents to the 1998 Pest Management Regulatory Agency Pesticide Use Survey reported that phorate is used mainly for the control of potato pests including Colorado potato beetle (CPB), aphids, flea beetle and wireworm in Atlantic Canada and occasionally for control of wireworm in Western Canada. Other reported usage include cabbage maggot (CM) control in rutabagas and rootworm control in sweet corn.

6.1.1 Potatoes

Colorado potato beetle is very adaptable and readily develops resistance to chemical insecticides including phorate and other organophosphates. Although pesticides from several classes are registered for CPB (e.g., organophosphate, carbamate, synthetic pyrethroid, organochlorine, imidacloprid), their effectiveness varies among potato-growing regions due to the development of resistance. Some provinces (e.g., Manitoba) have reported that phorate is an important tool for controlling CPB to prevent development of resistance to other classes of insecticides (e.g., neonicotinoid). In addition, some provinces report that phorate is valuable for controlling wireworm in potatoes, being the only active ingredient currently registered for that use. Wireworms are long-lived beetle larvae that may cause severe damage in first year potatoes planted following grains or fallow.

6.1.2 Rutabaga

In addition to phorate, other organophosphate insecticides, azinphos-methyl, chlorpyrifos, diazinon and terbufos, are registered as a prophylactic treatment at planting to control CM. Particular concern has been expressed regarding the ability to grow rutabagas, especially in Nova Scotia, without access to granular insecticides. Liquid formulations of organophosphate insecticides can be applied at planting or later as a drench. These later treatments fit into an integrated pest management approach for the control of CM in Newfoundland where drenches are timed to coincide with the start of the CM oviposition period. Rutabaga production in Newfoundland and in the rest of Canada remains dependent on the availability of chemical control.

6.1.3 Corn

Phorate is registered for corn rootworm control. Alternative soil insecticides that are registered for control of this insect include carbaryl, chlorpyrifos, diazinon, terbufos and tefluthrin. Growers in southern Ontario have rotated corn with soybean to prevent rootworm infestation. However, a rotation-resistant strain of western corn rootworm that has the ability to survive in soybean threatens to invade southern Ontario from the American Midwest where it is causing economically significant damage. Should this new strain of corn rootworm move into Canada, Ontario corn growers may need to revert to chemical control of corn rootworm. Phorate is potentially valuable for control of rotation-resistant corn rootworm, and may be valuable as an alternative to tefluthrin (synthetic pyrethroid) for resistance management. Rootworm resistant transgenic corn is being tested as an alternative to traditional chemical control.

6.2 Phorate and integrated pest management

Integrated pest management (IPM) measures are either not widely used or are not sufficiently effective to mitigate the need for chemical control, especially of CPB and wireworm.

The systemic activity of phorate may preserve populations of beneficial insects in some crops. However, the overall fit of this active in IPM programs is limited by the absence of tools to predict the summer populations of most pests, which would be needed to make treatment decisions based on the summer's economic thresholds at spring planting.

7.0 Other assessment considerations

Phorate (Thimet 15-G) was assessed in regard to the federal Toxic Substances Management Policy (TSMP) and PMRA DIR99-03, *The Pest Management Regulatory Agency's Strategy for Implementing the Toxic Substances Management Policy*. Phorate does not meet the TSMP criteria for persistence. Its half-life in water (0.5 d) and soil (up to 75 d) are below the TSMP Track-1 cut-off criteria for water, sediment and soil. Phorate is not bioaccumulative by TSMP Track-1 cut-off criterion (log K_{ow} = 3.92). The major terrestrial transformation products (phorate sulfoxide, phorate sulfone), formed as a result of microbial action, are moderately persistent (DT_{50} = 65–137 d) in soil. The major transformation products in the aquatic environment (formaldehyde, phorate sulfoxide and sulfone) are not persistent. Therefore, the PMRA has concluded that phorate and its major transformation products do not meet the TSMP Track-1 classification criteria.

8.0 Proposed regulatory action

From an environmental perspective, granular pesticides with high acute toxicity to birds and mammals represent a high risk when ingested. The primary risk of granular pesticides to birds arises from the direct ingestion of granules following application in fields. Granules are intentionally selected and ingested by birds using them as grit or they may be mistaken as a food item. The risk is related to the degree of toxicity, with products for which only a few granules cause death being the most problematic. The overall risk is increased when such products are used on large acreage crops such as corn.

With this in mind, the PMRA is committed to reducing risk by moving towards the eventual elimination of such products. Unfortunately for some uses there are limited numbers of alternatives. Thus, elimination of such uses represents a significant challenge not only to the PMRA but to all stakeholders. For the PMRA, the challenge is a regulatory decision that moves towards the goal of eliminating such products in a manner that is the least disruptive to the need to protect agricultural crops from pests. To meet its challenge, the PMRA has considered the availability of alternatives and the need for a transition period for those uses for which no or limited alternatives are available. For industry, the challenge is to develop alternatives in the relatively short time frame of proposed phase outs. For the agricultural sector, the challenge is to reduce use during the

transition period and be open to using alternatives. This could include an evaluation of ways to move away from or reduce prophylactic uses of pesticides.

8.1 Thimet 15-G Soil & Systemic Insecticide Granular

In light of the identified high risk to the environment, the PMRA has determined that all uses of phorate should be phased out. The proposed schedule for phase-out of all uses of Thimet 15-G Soil & Systemic Insecticide Granular (registration number 24648, PCP Act) is as follows:

- Uses on corn, lettuce, beans and rutabagas would be phased out according to the following schedule:
  (1) Last date of sale of Thimet 15-G for these uses by the registrant: December 31, 2002
  (2) Last date for sale of Thimet 15-G for these uses by distributors or retailers: May 1, 2003
  (3) Last date for use of product for these uses by users and growers: December 31, 2003
- Uses on potatoes would be phased out according to the following schedule:
  (1) Last date of sale of Thimet 15-G by the registrant: December 31, 2003
  (2) Last date for sale of Thimet 15-G by distributors or retailers: May 1, 2004
  (3) Last date for use of product by users and growers: December 31, 2004

Information available to the PMRA indicates that there are effective alternatives to phorate for management of insect pests on corn, lettuce, beans and rutabaga. The PMRA, therefore, has proposed to phase out these uses of phorate along a shorter time frame than that for the use in potatoes, where available pest management alternatives to phorate are limited (especially for wireworm). The longer phase-out period for potatoes would allow time for the development and registration of alternatives.

Under the above time frame, the registration for all uses of Thimet 15-G would be cancelled on December 31, 2004. Disposal of any product that still remains following cancellation of the registration would be at the expense of the owner.

In the interim, until uses are cancelled on December 31, 2003 or 2004, the PMRA recommends that users observe the following measures to increase the safety margins of exposure for workers involved with loading and application activities:

- for loading activities: closed systems (Lock'n Load packaging) and chemical resistant apron and gloves; and
- for application activities: closed cab. Where closed cabs are not available, applicators should wear additional personal protective equipment and clothing (chemical resistant coveralls over long pants and long sleeves, chemical resistant gloves and a respirator).

With regards to the environment, users should take note of the following environmental concerns:

- This product is highly toxic to birds, small mammals, fish and aquatic invertebrates. Its use poses a high risk to these species as has been documented by incident reports of adverse effects. One granule is sufficient to kill a small bird or small mammal.

8.2 Maximum residue limits (MRLs) for phorate

In general, when the re-evaluation of a pesticide has been completed, the PMRA intends to prevent unauthorized use of the pesticide by recommending new residue limits at the limit of quantification for any agricultural commodities not approved for continued treatment in Canada. Additional MRLs for import purposes will be considered if sufficient data are provided by interested parties to allow a reassessment of those residues. The implementation date of lowered MRLs will take into consideration the last date of legal use of treatment products in Canada and the expected time for treated commodities to clear the channels of trade, usually one year. The U.S. EPA undertakes similar action in such circumstances. Proposed amendments to the Food and Drug Regulations reflecting these MRLs will be published in the Canada Gazette.

In the case of phorate, there are currently no specific maximum residue limits (MRLs). Consequently, any residues on imported or domestic commodities must not exceed 0.1 ppm, a default value specified by the Food and Drug Regulations subsection B.15.002(1). As use of phorate will be discontinued in Canada, it is proposed that potatoes with residues less than 0.1 ppm may be sold until December 31, 2005; all other agricultural commodities, including corn, lettuce, beans and rutabagas with residues less than 0.1 ppm may be sold until December 31, 2004. After these dates, produce with residues above the limit of quantification may not be sold in Canada unless sufficient additional data are provided to support imports.

Parties interested in supporting an MRL to allow imports of specific commodities treated with phorate should contact the PMRA during the consultation period to discuss the submission of appropriate data.

8.3 Proposed re-evaluation decision

The Pest Management Regulatory Agency has carried out an assessment of available information and has concluded that the use of phorate and associated use-products in accordance with the label does entail an unacceptable risk of harm to the environment pursuant to Section 20. Therefore, based on the considerations outlined above, the use of phorate and associated end-use products on corn, lettuce, beans and rutabagas, for which alternatives exist, will be phased out by the end of 2003. For potatoes, where available pest management alternatives are limited (especially for wireworms), the PMRA is proposing that use be phased out by the end of 2004.

It is proposed that the Food and Drug Regulations be amended so that food with quantifiable residues of phorate cannot be sold in Canada once Canadian use has been phased out, unless additional data to support phorate residues in imported food are provided.

The PMRA will accept written comments up to 60 days from the date of publication of this document to allow interested parties an opportunity to provide input into the proposed re-evaluation decision for these products.

List of abbreviations

ADI	acceptable daily intake
ARfD	acute reference dose
bw	body weight
CM	cabbage maggot
CPB	Colorado potato beetle
d	day(s)
DT_{50}	time required for 50% dissipation
DWLOC	drinking water level of concern
EPA	Environmental Protection Agency
h	hour(s)
IPM	integrated pest management
kg	kilogram
K_{oc}	absorption quotient normalized for organic carbon
K_{ow}	*n*-octanol–water partition coefficient
LC_{50}	mean lethal concentration
LD_{50}	mean lethal dose
MAFF	Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (United Kingdom), renamed Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) in 2001
m	metre
mg	milligram
MOE	margin of exposure
MRL	maximum residue limit
NOAEL	no observed adverse effect level
Pa	Pascal
PCP	Pest Control Products
PHED	Pesticide Handlers' Exposure Database
PMRA	Pest Management Regulatory Agency
RED	Reregistration Eligibility Document
ROC	residue of concern
RQ	risk quotient
TSMP	Toxic Substances Management Policy
U.S.	United States
U.K.	United Kingdom

Appendix I Evidence for bird kills with granular phorate applications

There are ample data available in the literature that indicate that granular phorate causes significant bird mortalities. In Canada, all of the incidents reported are associated with a special study of granular insecticide effects on raptors in Western Canada (Elliot et al., 1997; Mineau et al., 1999; Mineau, 1999; Wilson, 1996). In the Canadian Wildlife Service database, eight incidents of bird kills that involved bald eagles and other raptors have been reported (Mineau, 1999). A total of 27 birds (Northern harriers) were involved in one incident in Alberta near Beaverhill Lake. Wilson et al. (1996) also reported 36 waterfowl related incidents over the period 1960–1994 in the lower Fraser Valley, B.C., involving 2100 birds associated with granular insecticides (phorate, fonofos, terbufos and carbofuran). An unspecified proportion of these incidents are associated with phorate.

No additional data are available for Canada specifically on phorate. However, to date there is no incident monitoring system. Available data are from special studies rather than routine monitoring or reporting. There are data available on the effects of other granular insecticides on birds in other parts of Canada.

Incidents of bird mortalities have also been reported from the U.S. and the U.K. from use of granular phorate. In the U.S., as reported in U.S. EPA RED (1999), one of these incidents of bird mortalities involved 2008 birds (blackbirds, pheasants, pigeons). There were other incidents that demonstrated effects on a wide variety of birds and weight ranges. The species included birds such as raptors, waterfowl, shorebirds, gulls, egrets, quail, grouse, curlews and songbirds. In six of the incidents, bird mortalities varied from 60 to 200 per incident. In one instance, seven bald eagles and one golden eagle were found dead due to secondary poisoning from phorate.

Avian bird mortalities in the U.K. (MAFF, 1994) have included waterfowl, lapwings, gulls, pheasants and partridge. The numbers of dead birds varied from 2 to 32 per incident, and in one instance the numbers dead were not counted but were estimated as "numerous".

References

Elliott, J., L. Wilson, K. Langelier, P. Mineau and P. Sinclair. 1997. Secondary Poisoning of Birds of Prey by the Organophosphorus Insecticide, Phorate. Ecotoxicology. Vol. 6. pp. 219–231.

MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Pesticides Safety Directorate). 1994. Review of Phorate, Agricultural and Horticultural Uses. 117 pp.

Mineau P. 1999. Canadian Wildlife Service database on granular insecticides.

Mineau P., M. Fletcher, L. Glaser, N. Thomas, C. Brassard, L. Wilson, J. Elliott, L. Lyon, C. Henny, T. Bollinger and S. Potter. 1999. Poisoning of Raptors with OrganoPhosphorus and Carbamate Pesticides with Emphasis on Canada, U.S. and U.K. J. Raptor Res. Vol. 33. pp. 1–37.

U.S. EPA RED. 1999. Reregistration Eligibility Document for Phorate. 74 pp.

Wilson L., J.E. Elliot S. Szeto. 1996. Retention of Insecticide in Granule and its Potential Hazard to Wildlife. Presentation at SETAC Meeting. Washington, D.C. 17 pp.

Appendix II Information used to estimate the surface exposure of granular phorate

There are several references in the literature that indicate that a fraction of granules remain exposed at the surface even with subsurface emplacement techniques such as in-furrow emplacement. In addition, there is a recent study conducted by the Canadian Wildlife Service (Clark, 1997). For in-furrow emplacement, the U.S. EPA uses 1% surface exposure (i.e., 1% unincorporated) as the standard in all of their risk assessments with granular insecticides (U.S. EPA RED, 1999). The same value was used in the PMRA risk assessment and is a non-conservative estimate. Most of the literature indicates that subsurface emplacement results in much higher rates of surface exposure. Erbach and Tollefson (1983) found that press wheel incorporation resulted in 15% exposure. Hummel (1983) found 4–31% remained on the surface with banded subsurface applications and generally 1% remained exposed with in-furrow applications. The U.S. EPA bases their estimate on Hummel's (1983) estimates. Additional exposure occurs in turn rows. Maze et al. (1991) found exposures of 0.1–7% of applied granules for double disk press drill, hoe drill and pneumatic air seeder applicators. Segstro (1998) found 1–5% surface exposure with in-furrow applications.

Most of the literature available on in-furrow emplacement of granular insecticides describes efficacy data for corn, cereals or other crops. There is no literature available on the efficacy of emplacement for potato planting. However, regardless of the methods used for in-furrow emplacement or the efficacy, the evidence from Western Canada (Mineau, 1999) indicates that phorate use (which was mainly on potatoes) does result in bird mortalities. Given its extreme toxicity (0.6 granules/LD_{50} for a small bird, 10 g body weight, 42 granules/LD_{50} for a large bird, 1.2 kg body weight), relatively few granules are required to kill a bird and even less to have sublethal cholinesterase inhibition.

References

Clark, A. 1997. Factors Affecting Soil Surface Densities of Granular Pesticides and Treated Fields. Canadian Wildlife Service Report.

Erbach, D.C. and J.J. Tollefson, 1983. Granular Insecticide Application for Corn Rootworm Control. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers.

Hummel, J.W., L.M. Wax and D.I. Edwards. 1992. Incorporation and Fate of Granular Soil Insecticides. Trans ASAE Vol. 35(3): 773–779.

Hummel, J.W. 1983. Incorporation of granular soil insecticides by corn planters. Paper 83-1017. Proceedings 1983 Summer Meeting of the ASAE, Bozeman, MT, U.S.A. June 26–29.

Maze, R.C., R.P. Atkins, P. Mineau and B.T. Collins. 1991. Measurement of Surface Pesticide Residue in Seeding Operations. Am Soc Agricultural Engineers, Vol. 34(3).

Pettifor, M.J. 1987. Practical problems in achieving recommended placement of granules. *In* Application to Seeds and Soil. BCPC Mono. Vol. 39: 333–335.

Segstro, M. 1998. A Review of the 1997 Furadan 5-G Avian Field Monitoring Study, From the Viewpoint of Environmental Protection. PMRA Report. July 30, 1998. 33 pp.

U.S. EPA RED. 1999. Reregistration Eligibility Document for Phorate. 74 pp.

Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire
Pest Management Regulatory Agency

Projet d'acceptabilité d'homologation continue

PACR2003-01

Réévaluation du phorate

En juin 1999, la matière active organophosphorée phorate et les préparations commerciales qui la contiennent ont été soumises à une réévaluation en vertu de l'article 19 du *Règlement sur les produits antiparasitaires* (RPA).

À la suite de cette réévaluation, on propose l'élimination graduelle d'ici la fin de 2003 des utilisations du phorate dans la culture du maïs, de la laitue, des haricots et du rutabaga, pour lesquelles il existe des solutions de rechange. En ce qui concerne l'utilisation sur les pommes de terre, pour laquelle il existe peu de pesticides de remplacement (surtout contre les larves de taupin), l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) propose une élimination graduelle d'ici la fin de 2004.

Le présent document d'acceptabilité d'homologation continue donne un sommaire des données examinées et l'exposé justificatif concernant la décision réglementaire proposée du phorate. L'ARLA recevra les commentaires écrits relatifs au présent document pendant les 60 jours qui suivent la date de publication du présent document. Veuillez envoyer vos commentaires à la coordonnatrice des publications à l'adresse ci-dessous.

(also available in English)

Le 27 janvier 2003

Ce document est publié par la Division des nouvelles stratégies et des affaires réglementaires, Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire. Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec la :

Coordonnatrice des publications
Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire
Santé Canada
I.A. 6605C
2720, promenade Riverside
Ottawa (Ontario)
K1A 0K9

Internet : ***pmra_publications@hc-sc.gc.ca***
www.hc-sc.gc.ca/pmra-arla/
Service de renseignements :
1-800-267-6315 ou (613) 736-3799
Télécopieur : (613) 736-3798

ISBN: 0-662-87780-2
Numéro de catalogue : H113-18/2003-1F

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada 2003

Tous droits réservés. Il est interdit de reproduire ou de transmettre l'information (ou le contenu de la publication ou produit), sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, enregistrement sur support magnétique, reproduction électronique, mécanique, ou par photocopie, ou autre, ou de l'emmagasiner dans un système de recouvrement, sans l'autorisation écrite préalable du Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, Ottawa, Ontario K1A 0S5.

Avant-propos

L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) a procédé à la réévaluation de la matière active phorate, un insecticide élaboré par BASF, et des préparations commerciales qui la contiennent, pour utilisation dans la culture du maïs, de la laitue, des haricots, du rutabaga et des pommes de terre.

En juin 1999, l'ARLA avait annoncé que les matières actives organophosphorées (appelées également organophosphatées), dont le phorate, feraient l'objet d'une réévaluation en vertu de l'article 19 du RPA[1].

L'ARLA a examiné les renseignements disponibles et a conclu qu'en vertu de l'article 20, l'emploi conforme selon les étiquettes du phorate et de ses préparations commerciales qui le contiennent présente un risque inacceptable pour l'environnement. Par conséquent, compte tenu des considérations mentionnées ci-dessus, les utilisations du phorate et des préparations commerciales qui le contiennent, pour lesquelles il existe des produits de rechange, dans la culture du maïs, de la laitue, des haricots et du rutabaga fera l'objet d'une élimination graduelle d'ici la fin de 2003. En ce qui concerne l'utilisation sur les pommes de terre, pour laquelle il existe peu de pesticides de rechange (surtout contre les larves de taupin), l'ARLA propose une élimination graduelle d'ici la fin de 2004.

Il est proposé que le *Règlement sur les aliments et drogues* (RDA) soit modifié de sorte que les aliments contenant des résidus quantifiables de phorate ne puissent être vendus au Canada une fois que l'emploi du phorate au Canada sera abandonné, à moins que des données additionnelles ne soient fournies en appui à la présence de résidus de phorate dans les aliments importés.

L'ARLA recevra les commentaires écrits relatifs au présent document pendant les 60 jours qui suivent la date de publication du présent document afin de permettre aux parties intéressées d'exprimer leur point de vue sur cette proposition de décision de réévaluation relative à ces produits.

---

[1] Document de réévaluation REV99-01, *Réévaluation des pesticides organophosphatés*

Table des matières

1.0 Objectif 1

2.0 Renseignements généraux sur la réévaluation 1

3.0 La réévaluation du phorate 2

4.0 Les effets ayant une incidence sur la santé humaine 3
- 4.1 Sommaire toxicologique 3
  - 4.1.1 Dose aiguë de référence (DAR) 3
  - 4.1.2 Dose journalière acceptable (DJA) 4
  - 4.1.3 Résulats finals de l'exposition professionnelle 4
- 4.2 Évaluation des risques de l'exposition professionnelle 4
- 4.3 Évaluation du risque alimentaire 5
  - 4.3.1 Résidu préoccupant 5
  - 4.3.2 Risque alimentaire aigu 6
  - 4.3.3 Risque alimentaire chronique 6
  - 4.3.4 Risque combiné 7

5.0 Évaluation environnementale 7
- 5.1 Devenir dans l'environnement 7
- 5.2 Toxicologie environnementale 8
- 5.3 Évaluation du risque chez les microorganismes du sol 8
- 5.4 Évaluation du risque chez les organismes aquatiques 9
- 5.5 Conclusions des évaluations environnementales 10
- 5.6 Atténuation des risques pour l'environnement 10

6.0 Valeur 11
- 6.1 Utilisations sur les cultures principales 11
  - 6.1.1 Pomme de terre 11
  - 6.1.2 Rutabaga 11
  - 6.1.3 Maïs 12
- 6.2 Le phorate et la lutte intégrée (LI) 12

7.0 Autres considérations reliées à l'évaluation 12

8.0 Proposition de mesure réglementaire 13
- 8.1 Insecticide systémique en granules Thimet 15-G pour application au sol 13
- 8.2 Les LMR du phorate 15
- 8.3 Proposition de décision de réévaluation 15

Liste des abréviations 17

Annexe I Rapports de décès d'oiseaux attribuables à l'application de phorate en granules 19

Annexe II Renseignements utilisés pour évaluer l'exposition de surface du phorate en granules 21

1.0 Objectif

En juin 1999, l'ARLA avait annoncé que les matières actives organophosphorées, dont le phorate, feraient l'objet d'une réévaluation en vertu de l'article 19 du RPA[2]. Le présent document a pour objectif de renseigner les titulaires d'homologation, les fonctionnaires chargés d'appliquer la réglementation relative aux pesticides et le public canadien quant à la fin de l'examen du phorate par l'ARLA. Ce document comprend une évaluation des effets sur la santé humaine, une évaluation des risques pour l'environnement et des renseignements sur la valeur du phorate dans la lutte antiparasitaire au Canada. L'Agence, par le biais de ce document, sollicite les commentaires des parties intéressées sur la proposition de décision réglementaire relative au phorate.

2.0 Renseignements généraux sur la réévaluation

En vertu de l'article 19 du règlement en application de la *Loi sur les produits antiparasitaires* (LPA), l'ARLA procède à la réévaluation de tous les pesticides homologués avant 1995, tant les matières actives que les préparations commerciales qui les contiennent, afin d'en assurer l'acceptabilité continue par l'application de méthodes scientifiques modernes dans le cadre de ses examens. Les détails des activités de réévaluation sont énoncés dans la directive d'homologation DIR2001-03 *Programme de réévaluation de l'ARLA.* Aux États-Unis, le phorate fait actuellement l'objet d'une réévaluation en vertu de la *Food Quality Protection Act*, par conséquent, il fait l'objet d'une réévaluation de la part de l'ARLA dans le cadre du Programme 3. Cette réévaluation tient compte des éléments suivants :

Risque pour la santé humaine : La principale préoccupation au moment de l'évaluation d'un produit antiparasitaire dans le cadre du Programme 3 est le risque pour la santé humaine. Comme il est mentionné dans la directive d'homologation DIR2001-03, la réévaluation dans le cadre du Programme 3 accorde une attention particulière :

- aux pesticides ayant un mode de toxicité commun;
- à l'exposition multiple aux pesticides autre que l'exposition professionnelle (exposition d'origine alimentaire, résultant de l'emploi de pesticides au foyer, à l'intérieur comme à l'extérieur, et résultant de la consommation d'eau potable);
- à la prédisposition et l'exposition des nouveaux-nés et des enfants qui peuvent être différentes de celles des adultes au cours des étapes importantes de leur développement.

La réévaluation des risques pour la santé humaine comprend aussi une réévaluation de l'acceptabilité des risques inhérents à l'exposition professionnelle. Un examen cumulatif de toutes les utilisations restantes des organophosphorés sera effectué lorsque les réévaluations de tous les organophosphorés individuels auront été complétées.

---

[2] Document de réévaluation REV'99-01, *Réévaluation des pesticides organophosphatés*

Risques pour l'environnement : Les évaluations environnementales comprendront plusieurs volets, les évaluations plus avancées des risques environnementaux étant réservées uniquement aux matières actives, aux produits et aux utilisations qui franchissent avec succès l'évaluation du risque cumulatif pour la santé ou, dans le cas de modes de toxicités particuliers, qui sont acceptables sur le plan de la santé humaine. Dans le premier volet, des mesures de réduction de l'exposition environnementale seront prises au besoin selon la détermination des dangers pour les organismes non ciblés. Ces mesures pourront comprendre l'élimination des utilisations dépassées, la réduction du nombre d'applications, la nécessité de respecter des zones tampons pour protéger les habitats sensibles et l'adoption de mesures réglementaires contre les utilisations qui constituent un risque extrêmement élevé pour les organismes présents dans l'environnement. En règle générale, les utilisations restantes après le premier volet de l'évaluation font l'objet d'un examen quant les résultats des évaluations environnementales avancées sont disponibles.

Valeur : L'ARLA cherche à déterminer le plus tôt possible dans sa démarche les utilisations courantes du produit et leur importance dans la lutte antiparasitaire. L'ARLA s'appuie en grande partie sur les renseignements obtenus des gouvernements provinciaux et territoriaux. Les titulaires d'homologation et les utilisateurs constituent aussi des sources de renseignements importantes. Au cours du processus d'évaluation, on communique aussi avec Environnement Canada, le ministère des Affaires étrangères et du Commerce international, l'Agence canadienne d'inspection des aliments et Agriculture et Agroalimentaire Canada, afin d'obtenir des renseignements précis à leurs domaines de compétence.

Les résultats de la réévaluation du pesticide, y compris les mesures d'atténuation du risque proposées, seront publiés dans un document de consultation publique à la fin de l'évaluation du risque combiné pour la santé humaine et du premier volet de l'évaluation environnementale. Dans certains cas, l'ARLA apportera des changements au statut réglementaire des produits avant la consultation publique, surtout si elle considère que l'atténuation du risque est inefficace ou impraticable, ou si les titulaires d'homologation ont choisi volontairement de retirer leurs produits du marché.

3.0 La réévaluation du phorate

Le phorate est l'un des 27 insecticides organophosphorés soumis à une réévaluation au Canada. La réévaluation du phorate a été annoncée dans le document REV99-01 intitulé *Réévaluation des pesticides organophosphatés*. Le phorate est homologué par BASF (anciennement par Cyanamid Crop Protection) et il est vendu sous forme d'insecticide en granules. Il existe une préparation commerciale : l'insecticide systémique Thimet 15-G pour application au sol. On utilise des granules d'argiles comme véhicule de ce produit que l'on dépose dans la raie du semis au moment des semences, afin d'éliminer différents insectes qui se nourrissent de pommes de terre, de haricots, de maïs, de laitue et de rutabagas. Le Thimet 15-G est offert en contenants consignés Lock'n Load®, installés sur des éléments semeurs modifiés et conçus pour minimiser l'exposition professionnelle, ou en sacs de papier à parois multiples de 25 kg.

4.0 Les effets ayant une incidence sur la santé humaine

4.1 Sommaire toxicologique

La base de données sur la toxicologie du phorate est essentiellement fondée sur les études fournies par le titulaire d'homologation. Les essais effectués sur des animaux de laboratoire ont révélé que le phorate est une matière toxique à effets extrêmement aigus en cas d'exposition orale, cutanée ou respiratoire aiguë. L'indicateur de toxicité le plus sensible à la suite de l'exposition unique et des expositions répétées est l'inhibition de l'acétylcholinestérase, un enzyme nécessaire au bon fonctionnement du système nerveux, ou des manifestations cliniques de toxicité cholinergique. Les cobayes femelles étaient plus sensibles aux effets toxiques du phorate. La toxicité des métabolites du phorate phosphorylé (le sulfoxyde de phorate et le sulfoxone de phorate) est comparable à celle du phorate. Le phorate n'a pas causé de retard apparent sur le plan de la neurotoxicité et on n'a observé aucun signe d'effet hispathologique sur le système nerveux dans aucune des études disponibles. Le phorate ne s'est avéré ni génotoxique ni cancérigène chez le rat et la souris. Il n'a causé aucune malformation congénitale chez le rat et le lapin, ni aucune toxicité pour la reproduction chez le rat, sauf pour ce qui est d'une viabilité réduite du rejeton exposé à des doses toxiques pour la mère. Bien que l'absence de mesures de la cholinestérase dans le cadre de ces études ne permette pas une évaluation définitive de cette question, les études sur la toxicité pour le développement et pour la reproduction n'ont pas permis de démontrer une hypersensibilité du jeune animal par rapport à l'animal adulte. Selon les données des études toxicologiques disponibles, le phorate aurait un fort potentiel d'absorption percutanée. Une des caractéristiques les plus remarquables du phorate est la rapidité et la puissance de la relation dose-réponse après une exposition aiguë à court terme. Les concentrations sans effet nocif observable (CSENO) étaient très proches des doses ayant provoqué le décès des animaux de laboratoire.

Les doses de référence ont été déterminées en fonction des CSENO pour ce qui est de l'indicateur de toxicité le plus sensible, c'est-à-dire, l'inhibition de l'acétylcholinestérase et les signes de toxicité cholinergique. Ces doses de référence comprennent différents facteurs d'incertitude afin de tenir compte de l'extrapolation entre les rats et les humains et des variantes dans les populations humaines, ainsi que des facteurs de sécurité supplémentaires de prise en compte du niveau de protection accru garanti par les données (c.-à-d. la rapidité et la puissance de la relation dose-réponse).

4.1.1 Dose aiguë de référence (DAR)

Lors des études menées sur des animaux, les effets nocifs observés à la dose la plus faible (c.-à-d. le résultat final de toxicité) étaient des manifestations cliniques observées dans une étude sur la neurotoxicité aiguë chez le rat (CSENO = 0,25 mg/kg masse corporelle [m. c.]). Le facteur d'incertitude était de 100 (10× pour l'extrapolation inter-espèce × 10× pour la variabilité inter-espèce). Un facteur de sécurité supplémentaire de 10× était appliqué pour tenir compte de la rapidité de la relation dose-réponse et de la puissance (fondée sur la létalité à très faibles doses). Les calculs ont donné une dose aiguë de

référence (DAR) de 0,00025 mg/kg m. c. (0,25 mg/kg m. c. ÷ 1000). Cette valeur était considérée comme suffisante pour la protection des nourrissons et des enfants.

4.1.2 Dose journalière acceptable (DJA)

Puisque la DAR était inférieure à toute dose journalière acceptable tirée des études sur la toxicité de doses répétées (reflétant ainsi une toxicité aiguë élevée et l'utilisation du facteur de sécurité supplémentaire), on a déterminé que la DJA avait la même valeur que la DAR. La DJA est donc de 0,00025 mg/kg m. c./j.

4.1.3 Résulats finals de l'exposition professionnelle

L'ARLA s'appuie sur une CSENO de 0,41 mg/kg m. c./j tirée d'une étude de 28 jours sur la toxicité cutanée pour l'évaluation du risque cutané à court et à moyen terme au cours de laquelle il y avait une inhibition de l'activité de la cholinestérase au prochain niveau de dose. On a choisi une marge d'exposition (ME) de 1 000 afin d'inclure 10× pour l'extrapolation inter-espèce, 10× pour la variabilité inter-espèce et un facteur de sécurité supplémentaire de 10×. Ce facteur de sécurité supplémentaire a été choisi pour tenir compte de la rapidité de la relation dose-réponse et de la puissance du phorate par cette voie.

L'ARLA s'appuie sur une CSENO de 0,081 mg/kg m. c./j tirée d'une étude de 13 semaines sur la toxicité alimentaire pour l'évaluation du risque d'inhalation à court et à moyen terme au cours de laquelle il y avait une inhibition de l'activité de la cholinestérase au prochain niveau de dose. On a choisi une ME de 1 000 afin d'inclure 10× pour l'extrapolation inter-espèce, 10× pour la variabilité inter-espèce et un facteur de sécurité supplémentaire de 10×. Ce facteur de sécurité supplémentaire a été choisi pour tenir compte de la rapidité de la relation dose-réponse et de la puissance du phorate.

4.2 Évaluation des risques de l'exposition professionnelle

Les travailleurs peuvent être exposés au pesticide lorsqu'ils le mélangent, le chargent ou l'appliquent et lorsqu'ils retournent sur un site déjà traité. On évalue le risque pour le travailleur à l'aide d'une ME qui permet de déterminer dans quelle mesure l'exposition professionnelle se rapproche de la CSENO tirée des études menées sur les animaux. Pour les travailleurs qui retournent sur un site déjà traité, on calcule au besoin les délais d'attente après traitement afin de déterminer la durée minimum de l'attente avant que les travailleurs ou d'autres personnes puissent retourner sur le site.

Les risques inhérents au chargement et à l'application du Thimet 15-G en granules d'argile (15 % de matière active) à l'aide du système fermé Lock'n Load et d'autres mesures d'atténuation se situent en deçà du niveau considéré comme critique par l'ARLA. Selon le titulaire d'homologation, environ 60 % du Thimet 15-G est vendu dans l'emballage Lock'n Load. Le risque inhérent au chargement du Thimet 15-G en sacs de papier (chargement ouvert) se situe au-delà du niveau critique de l'Agence.

On a utilisé les renseignements sur l'exposition à des produits chimiques précis pour étudier le système de manipulation fermé (Lock'n Load). Pour ce qui est de la méthode ouverte de mélange et de chargement, on a utilisé la Base de données sur l'exposition des manipulateurs de pesticides (BDEMP). En ce qui concerne le Thimet 15-G, le travailleur serait protégé adéquatement s'il respectait les conditions suivantes : pour le chargement : emballage Lock'n Load, et équipement de protection individuelle dont un tablier et des gants résistants aux produits chimiques; pour l'application, un habitacle fermé. Comme mesure transitoire dans l'attente d'habitacles fermés, on recommande le port d'un survêtement résistant aux produits chimiques sur un pantalon et une chemise à manches longues, de gants résistants aux produits chimiques et d'un respirateur.

On n'a pu obtenir de ME adéquates pour les activités de chargement ouvert des emballages de Thimet 15-G en papier.

L'ARLA conclut que l'exposition des personnes qui ont accès à des sites traités après l'application est minime en raison de la méthode d'application (incorporation dans le sol au moment des semences). Un délai de 48 heures fondé sur la toxicité aiguë est suffisant pour protéger les travailleurs qui pourraient retourner sur les sites déjà traités.

4.3 Évaluation du risque alimentaire

Dans son évaluation du risque alimentaire, l'ARLA détermine la quantité de résidus pouvant être ingérée dans le régime alimentaire quotidien, notamment dans les fruits, les légumes, le lait, la viande, les oeufs et les aliments transformés. Ces évaluations sont fonction de l'âge et tiennent compte des différentes habitudes alimentaires de la population à différentes étapes de la vie (nourrissons, enfants, adolescents, adultes et personnes âgées). Par exemple, les évaluations tiennent compte de la plus grande consommation de fruits, de légumes et de jus chez les enfants, selon leur masse corporelle, par comparaison aux adultes.

4.3.1 Résidu préoccupant

Les résidus préoccupants (RP) ont été redéfinis comme étant le phorate, le sulfoxyde de phorate, le solfoxone de phorate, l'oxone de phorate, le sulfoxyde d'oxone de phorate et le sulfone d'oxone de phorate. Cette définition des RP correspond à celle des autres organismes de réglementation, notamment l'Environmental Protection Agency (EPA) des É.-U., le Ministry of Agriculture, Forestry and Food (MAFF) du Royaume-Uni et le Codex.

4.3.2 Risque alimentaire aigu

On calcule le risque alimentaire aigu à partir des valeurs sur la consommation des aliments et sur les résidus dans les aliments. Une analyse statistique probabiliste permet de faire toutes les combinaisons possibles de consommation d'aliments et de niveaux de résidus, afin de pouvoir estimer la distribution de la quantité de résidus de phorate

susceptibles d'être ingérés en une journée. On compare une valeur d'exposition représentant le maximum de cette distribution (99,9^{e} rang centile) à la DAR, soit la dose à laquelle une personne peut être exposée n'importe quand sans craindre d'effets nocifs pour sa santé. Lorsque la consommation calculée, appelée dose journalière potentielle, de ces résidus est inférieure à la DAR, on considère que la consommation n'est pas préoccupante.

Le risque alimentaire aigu des aliments traités au phorate n'est pas préoccupant pour la population canadienne ni pour tous les sous-groupes de la population (c.-à-d. moins de 100 % de la DAR est consommée). Pour effectuer cette évaluation, on a utilisé des études de la diète totale, du suivi et des données sur les résidus, ainsi que des limites maximales de résidus (LMR) et niveaux de tolérance américains pour certains produits agricoles importés. Les données sur le pourcentage de cultures traitées ont été utilisées pour les cultures domestiques et importées, et des facteurs de transformation ont été appliqués au besoin. Au 99,9^{e} rang centile d'exposition, le sous-groupe le plus exposé, les enfants (1 à 6 ans), consomme 35 % de la DAR dans ses aliments. Pour tous les autres sous-groupes, la DJP est inférieure à 25 % de la DAR. La majeure partie du risque alimentaire aigu est attribuable à la pomme de terre.

4.3.3 Risque alimentaire chronique

Le risque alimentaire chronique a été calculé à partir de la consommation moyenne de différents aliments et des valeurs sur les résidus de ces aliments pendant une durée de vie de 70 ans. On compare cette consommation anticipée de résidus et la DJA, soit la dose à laquelle une personne peut être exposée toute sa vie sans craindre d'effets nocifs pour sa santé. Lorsque la consommation de résidus anticipée est inférieure à la DJA, la consommation anticipée est considérée comme étant non préoccupante. L'évaluation du risque a été effectuée en utilisant les LMR, les moyennes de résidus, les données sur le pourcentage des cultures traitées et les facteurs de transformation.

Le risque alimentaire chronique des aliments traités au phorate n'est pas préoccupant pour la population canadienne ni pour tous les sous-groupes de la population, y compris les nourrissons et les enfants (c.-à-d. moins de 100 % des la DJA est consommée).

Le sous-groupe le plus exposé, les enfants (de 1 à 6 ans), consomme 7 % de la DJA dans son alimentation.

4.3.4 Risque combiné

Dans l'évaluation du risque combiné, on se penche sur les risques potentiels combinés attribuables à la consommation d'aliments et d'eau potable et à l'usage résidentiel des pesticides. En règle générale, lorsque l'on combine ces risques potentiels et que le résultat est toujours inférieur à 100 % de la DAR et de la DJA, le risque combiné n'est pas considéré comme étant préoccupant. L'évaluation du risque combiné inhérent à l'emploi

du phorate ne concerne que les aliments et l'eau potable car l'usage résidentiel du phorate est interdit.

Dans son évaluation du phorate, l'EPA américaine a conclu, sur la base d'une modélisation conservatrice au premier volet (SCI GROW), que les concentrations maximales estimées du phorate et de ses métabolites dans les eaux souterraines étaient supérieures au niveau de préoccupation de l'eau potable (NPEP) pour ce qui est de l'exposition chronique à l'eau potable. Puisque les estimations tirées de la modélisation conservatrice sont supérieures au NPEP, il faudrait surveiller les données sur l'eau potable afin de déterminer les concentrations réelles dans l'eau potable si l'on veut maintenir l'homologation de ces produits.

5.0 Évaluation environnementale

L'ARLA effectue actuellement une évaluation déterministe du risque que présentent les produits antiparasitaires pour l'environnement. Le risque pour l'environnement est défini par la méthode des coefficients qui applique le ratio des concentrations prévues dans l'environnement aux effets du résultat final préoccupant. Les valeurs de coefficient inférieures à un indiquent un faible danger pour les espèces non ciblées, tandis que les valeurs de coefficient supérieures à un indiquent un certain danger des effets sur les organismes non ciblés.

5.1 Devenir dans l'environnement

Le phorate est hydrosoluble à 50 mg/L et très volatil avec une pression de vapeur de 85 mPa à 25°C. Le coefficient de partage *n*-octanol-eau (log K_{oe}) est de 3,92, ce qui indique un potentiel de bioaccumulation. La constante de la loi d'Henry est de $4{,}368 \times 10^{-6}$, ce qui indique une possibilité de volatilisation dans l'eau ou le sol humide.

Dans le sol, le phorate est transformé par l'action chimique et microbienne. Il a une persistance modérée dans le sol (temps de dissipation à 50 % (TD_{50}) = 49 – 75 j) dans les conditions naturelles, comme l'ont démontré des études sur le terrain menées en Colombie-Britannique. Les principaux sous-produits de la transformation que sont le sulfoxyde de phorate et le sulfone de phorate, qui résultent de l'action microbienne, sont modérément persistent (TD_{50} 65 – 137 j) dans le sol en laboratoire. Ces sous-produits de transformation conservent la structure phosphorylée; ils entraînent l'inhibition de la cholinestérase et ils sont donc aussi toxiques que le composé initial.

Le phorate subit une grande sorption dans le sol et il est classé comme ayant une mobilité légère (K_{co} 2000 – 3000) à modérée (K_{co} 224 – 450) dans une variété de types de sols. Le sulfoxyde de phorate et le sulfone de phorate se séparent préférablement dans l'eau et ont tous deux une mobilité modérée (K_{co} 172 –210) à élevée (K_{co} 71 – 91) dans une variété de types de sols. Le phorate et ses principaux sous-produits de transformation peuvent pénétrer les systèmes aquatiques par lessivage car ils sont plus mobiles que le composé initial.

Bien qu'il puisse contaminer les eaux de surface par effet de lessivage, le phorate subit une hydrolyse rapide et n'est pas persistant dans l'eau. Dans l'eau stérile à des pH de 5, 7 et 9, les demi-vies sont de 2,6; 3,2 et 3,9 j respectivement. La photolyse constitue aussi une voie de transformation importante (demi-vie ajustée en pénombre contrôlée de 1,9 j dans une solution tampon à un pH 7 après sept j d'irradiation continue). Les principaux sous-produits de transformation résultant de l'hydrolyse et de la photolyse aqueuse sont le formaldéhyde, le sulfoxyde de phorate et le sulfone de phorate. Les études sur la biotransformation aquatique aérobie dans de l'eau d'étang ont démontré que le composé initial et les sous-produits de transformation ne persistent pas dans l'eau (TD_{50} du phorate 0,5 j, TD_{50} du sulfoxyde de phorate 9 j, TD_{50} du sulfone de phorate 21 j, le formaldéhyde atteignait 17 % de la dose appliquée dans les 14 j suivant le traitement).

5.2 Toxicologie environnementale

Des études ont démontré que le phorate est très toxique pour les oiseaux en absorption orale aiguë (canard colvert : dose léthale à 50 % (DL_{50}) 0,62 mg m. a./kg), et très toxique pour les oiseaux dans le régime alimentaire (canard colvert : DL_{50} 248 mg m. a./kg). En termes de toxicité orale aiguë, le phorate est très toxique pour les petits mammifères (rat : DL_{50} = 1,1 – 3,7 mg m. a./kg), et dans le régime alimentaire (rat : DL_{50} 28 mg m. a./kg). La toxicité orale aiguë du phorate est très élevée chez les poissons (truite arc-en-ciel : concentration létale à 50 %(CL_{50}) = 13 μg m. a./L) et pour les invertébrés aquatiques (*Gammarus fasciatus* : CL_{50} = 4 μg m. a./L). La toxicité de contact aiguë du phorate est modérément élevée chez les abeilles (0,32 à 10,1 μg m. a./abeille).

5.3 Évaluation du risque chez les microorganismes du sol

Selon les utilisations actuellement homologuées du phorate, ce produit est extrêmement toxique pour les microorganismes du sol. Cette évaluation s'appuie sur des rapports d'incidents survenus au Canada et aux États-Unis (voir annexe 1).

Les concentrations d'exposition estimées pour les microorganismes du sol sont supérieures aux concentrations provoquant des effets aigus chez les oiseaux et les mammifères. Dans le cas de l'application dans la raie du semis, la surface d'exposition estimée est de 1 % (voir annexe 2). Pour ce qui est des bandes sous la surface pour le maïs et les rutabagas, la surface d'exposition estimée est de 15 %. Le risque aigu relié à la consommation directe des granules est le plus élevé chez les espèces de petites tailles. Le nombre de doses létales à 50 % (DL_{50}s) dans un mètre carré immédiatement après l'application ($DL_{50}s/m^2$) sert de coefficient de risque (CR) pour les produits granulés.

- Les coefficients de risque d'effets aigus chez les mammifères étaient supérieurs à 1 DL_{50}/m^2, soit le seuil préoccupant pour les espèces testées lors de l'application sur les pommes de terre et les haricots. Les coefficients de risque allaient, selon la taille des mammifères, de 198 à 13 112 DL_{50}/m^2 pour les applications de surface par diffusion sur les haricots et de 98 à 6 481 DL_{50}/m^2 pour l'application dans la raie du semis pour les pommes de terre. En ce qui concerne la laitue, les

coefficients de risque allaient de 99 à 6 556 DL_{50}/m^2, pour le maïs de 101 à 6 782 DL_{50}/m^2, et pour le rutabaga, de 417 à 55 340 DL_{50}/m^2. Ces coefficients de risque sont considérés comme étant très ou extrêmement élevés.

- Les coefficients de risque d'effets aigus chez les oiseaux étaient supérieurs à 1 DL_{50}/m^2, soit le seuil préoccupant pour les espèces testées lors de l'application sur les pommes de terre et les haricots. Les coefficients de risque allaient, selon la taille des oiseaux, de 170 à 21 623 DL_{50}/m^2 pour les applications de surface par diffusion sur les haricots et de 84 à 10 687 DL_{50}/m^2 pour l'application dans la raie du semis pour les pommes de terre. En ce qui concerne la laitue, les coefficients de risque allaient de 85 à 10 811 DL_{50}/m^2, pour le maïs de 88 à 11 184 DL_{50}/m^2, et pour le rutabaga, de 358 à 91 263 DL_{50}/m^2. Ces coefficients de risque sont considérés comme étant très ou extrêmement élevés. L'exposition des oiseaux peut aussi se faire par d'autres voies, comme marcher sur les granules exposés, se baigner dans de l'eau contaminée par les granules ou en boire, ainsi que consommer une proie avariée.

5.4 Évaluation du risque chez les organismes aquatiques

Selon toutes les utilisations actuellement homologuées du phorate ce produit est extrêmement toxique pour les organismes aquatiques. Cette évaluation s'appuie sur des rapports d'incidents survenus aux États-Unis. Des effets semblables peuvent s'être manifestés au Canada, mais le Canada n'a pas de système équivalent pour rapporter ces incidents.

Les concentrations d'exposition estimées dépassent les concentrations provoquant des effets aigus et chroniques chez les poissons et les invertébrés aquatiques :

- Les coefficients de risque d'effets aigus et chroniques pour la majorité des invertébrés d'eau douce testés étaient supérieurs à 1, soit le seuil préoccupant. Les coefficients de risque étaient supérieurs à 1 000 pour l'application sur les pommes de terre (CR = 1 476), les haricots (CR = 1 495), la laitue (CR = 1 917), le maïs (CR = 2 650) et les rutabagas (CR = 4 500) et sont considérés comme étant extrêmement élevés.

- Les coefficients de risque d'effets aigus et chroniques pour la majorité des poissons d'eau douce testés étaient supérieurs à 1, soit le seuil préoccupant. Les valeurs étaient supérieures à 100 pour les applications sur les haricots (CR = 165), le maïs (CR = 122) et les rutabagas (CR = 415) et sont considérés comme étant très élevés. En ce qui concerne l'application sur la laitue (CR = 89), les risques aigus et chroniques étaient considérés comme élevés et le CR était supérieur à 10.

- Pour les poissons et les invertébrés d'estuaire et de mer, les coefficients de risque étaient supérieurs à 1000, ce qui représente un risque extrêmement élevé.

5.5 Conclusions des évaluations environnementales

Les coefficients de risque et les marges de sécurité calculées pour les applications de Thimet 15-G indiquent que ce produit présente un risque pour tous les groupes d'organismes (oiseaux, mammifères, poissons et invertébrés aquatiques), quel que soit le mode d'application. Selon les données toxicologiques disponibles, ces risques sont classés comme étant élevés à extrêmement élevés pour les organismes aquatiques d'eau douce et d'élevés à extrêmement élevés pour les oiseaux. Dans le même ordre d'idées, le risque pour les mammifères est considéré comme élevé pour les grands mammifères et extrêmement élevé pour les petits mammifères.

Les risques déterminés pour les oiseaux et les poissons s'appuient sur des incidents signalés à la suite de l'utilisation des produits selon les modes d'emploi des étiquettes.

5.6 Atténuation des risques pour l'environnement

Le phorate est très toxique pour toutes les espèces terrestres et aquatiques testées. Les rapports d'incidents de mortalités d'oiseaux et de mammifères au Canada, aux É.-U. et au R.-U. viennent appuyer la conclusion selon laquelle le phorate présente un risque important pour les oiseaux et la faune. Un granule suffit pour tuer un petit oiseau ou un petit mammifère. Compte tenu de cette toxicité extrême, il est peu probable que la diminution des applications entraînera une diminution notable de la toxicité. Comme le produit est appliqué sous forme de granules sur les cultures, l'ARLA ne connaît actuellement aucun moyen de réduire les expositions des espèces terrestres et aquatiques confirmé par des études.

L'application en surface par diffusion présente le plus grand risque en raison du grand nombre de granules exposés. Si l'on peut s'attendre à ce que l'incorporation des granules dans le sol diminue le risque d'exposition au sol et aquatique, le risque demeure quand même très élevé en raison des granules non incorporés qui demeurent à la surface. Le risque pour les oiseaux et les mammifères de petites et moyennes tailles demeure très élevé, quelle que soit la méthode d'application. Compte tenu de sa toxicité extrême pour tous les organismes testés, du risque très élevé pour les oiseaux et les mammifères de petites et moyennes tailles, des rapports d'incidents sur les décès d'oiseaux et de mammifères (y compris de grands oiseaux de proie au Canada), et en plus de la persistance et de la mobilité des sous-produits de transformation toxiques que sont le sulfoxyde et le sulfone, l'ARLA conclut que l'emploi du phorate au Canada présente un risque élevé pour l'environnement.

6.0 Valeur

6.1 Utilisations sur les cultures principales

La majeure partie du phorate utilisé au Canada est appliquée aux cultures de pommes de terre. On l'utilise aussi sur les cultures de haricots, de maïs, de laitue et de rutabagas. Les

granules d'argile contenant le phorate sont déposés dans les raies du semis ou en ruban de part et d'autre du rang au moment des semences. Le phorate est un insecticide systémique pour lutter contre des insectes phyllophages et des insectes terrestres.

Les répondants à l'enquête menée par l'ARLA en 1998 sur l'utilisation des pesticides ont signalé que le phorate est principalement utilisé pour lutter contre des organismes nuisibles de la pomme de terre, notamment le doryphore de la pomme de terre (DPT), le puceron, l'altise et la larve de taupin dans les Maritimes et parfois pour la lutte contre la larve de taupin dans l'Ouest canadien. D'autre ont signalé une utilisation pour la lutte contre la mouche du chou (MC) sur le rutabaga et la larve nuisible aux racines du maïs sucré.

6.1.1 Pomme de terre

Le doryphore de la pomme de terre possède une grande capacité d'adaptation et développe d'emblée une résistance aux insecticides chimiques dont le phorate et les autres organophosphorés. Bien que plusieurs classes de pesticides soient homologuées pour le contrôle du doryphore (p. ex., les organophosphorés, le carbamate, le pyréthroïde, les organochlorés, l'imidaclopride), leur efficacité varie selon les régions productrices de pommes de terre en raison de la résistance développée par les organismes nuisibles. Dans certaines provinces, (p. ex., au Manitoba) on a signalé que le phorate est important pour la lutte contre le doryphore afin de prévenir le développement d'une résistance aux autres classes d'insecticides (p. ex., les néonicotinoïdes). D'autres provinces signalent aussi que le phorate est efficace pour la lutte contre la larve de taupin dans les pommes de terre car c'est la seule matière active actuellement homologuée pour cette utilisation. Les larves de taupin sont des larves de coléoptères longévives causant des dommages importants dans la première année de culture de la pomme de terre après la culture de céréales ou la jachère.

6.1.2 Rutabaga

Outre le phorate, d'autres organophospatés, l'azinphos-méthyl, le chlorpyrifos, le diazinon et le terbufos sont homologués pour le traitement prophylactique contre la MC au moment des semences. Des inquiétudes ont été exprimées, surtout en Nouvelle-Écosse, quant à la possibilité de cultiver le rutabaga sans recourir aux insecticides en granules. Les formulations liquides d'insecticides organophosphorés peuvent être appliquées au moment des semences ou plus tard par arrosage du pied. Ces traitements retardés s'inscrivent dans une démarche de lutte intégrée contre la MC adoptée par Terre-Neuve où l'on fait coïncider les arrosages du pied avec le début de la période d'oviposition de la MC. La lutte antiparasitaire chimique demeure nécessaire à la production du rutabaga à Terre-Neuve et ailleurs au Canada.

6.1.3 Maïs

Le phorate est homologué pour la lutte contre des larves qui s'attaquent à la racine des plants de maïs. Le carbaryl, le chlorpyrifos, le diazinon, le terbufos et la téfluthrine sont des solutions de rechange au phorate en application au sol pour la lutte contre ces larves. Les producteurs du sud de l'Ontario alternent la culture du maïs et celle du soja afin de prévenir une infestation de ces larves. Une souche résistante à cette alternance issue du maïs de l'Ouest et capable de survivre dans le soja menace cependant d'envahir le sud de l'Ontario en provenance du Midwest américain où elle provoque des pertes économiques considérables. Si cette nouvelle souche résistante atteint le Canada, les producteurs de maïs de l'Ontario devront peut-être s'en remettre aux produits chimiques pour la contrôler. Le phorate peut être efficace pour lutter contre la larve s'attaquant aux racines du maïs résistant à l'alternance des cultures, et constituer une solution de rechange efficace à la téfluthrine (pyréthroïde) pour contrer la résistance. On fait actuellement des tests de maïs transgénique résistant à la larve des racines comme solution de rechange à la lutte antiparasitaire chimique classique.

6.2 Le phorate et la lutte intégrée

Les mesures de lutte intégrée (LI) ne sont ni appliquées à grande échelle ni suffisamment efficaces pour réduire la nécessité de recourir aux produits chimiques, surtout dans la lutte contre le DPT et la larve de taupin.

L'action systémique du phorate peut protéger d'autres insectes bénéfiques dans certaines cultures. Cependant, l'application efficace globale de ce programme actif de LI est limitée par l'absence d'outils permettant de prévoir les populations estivales de la plupart des organismes nuisibles qui seraient nécessaires pour prendre des décisions judicieuses quant au traitement qui seraient fondées sur les seuils économiques estivaux lors des semences printanières.

7.0 Autres considérations reliées à l'évaluation

Le phorate (Thimet 15-G) a été évalué en vertu de la Politique de gestion des substances toxiques (PGST) du gouvernement fédéral et de la directive d'homologation DIR99-03, *Stratégie de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire concernant la mise en oeuvre de la politique de gestion des substances toxiques*. Le phorate ne respecte pas les critères de la PGST en matière de persistance. Ses demi-vies dans l'eau (0,5 j) et dans le sol (jusqu'à 75 j) sont inférieures aux valeurs seuils des critères de la voie 1 de la PGST pour l'eau, les sédiments et le sol. Selon la valeur seuil du critère de la voie 1 de la PGST, le phorate n'est pas biocumulatif (log K_{oe} = 3,92). Les principaux sous-produits de la transformation terrestre (sulfoxyde de phorate et sulfone de phorate), qui prennent forment sous l'action microbienne, sont modérément persistants dans le sol (TD_{50} = 65 – 137 j). Les principaux sous-produits de la transformation aquatique (formaldéhyde, sulfoxyde de phorate et sulfone de phorate) ne sont pas persistants. L'ARLA conclut donc

que le phorate et ses principaux sous-produits de transformation ne respectent pas les critères de la voie 1 de la PGST.

8.0 Proposition de mesure réglementaire

Du point de vue environnemental, les pesticides en granules ayant une très grande toxicité aiguë pour les oiseaux et les mammifères présentent un risque élevé en cas d'ingestion. Le principal risque de ces produits pour les oiseaux est attribuable à l'ingestion directe des granules après l'application dans les champs. Les oiseaux sélectionnent et ingèrent intentionnellement ces granules qu'ils utilisent comme gravier ou qu'ils confondent avec de la nourriture. Le risque est relié au degré de toxicité, les produits dont seulement quelques granules sont mortels étant les plus problématiques. Le risque global augmente lorsque ces produits sont appliqués à grande échelle, comme c'est le cas dans les champs de maïs.

Compte tenu de ces considérations, l'ARLA s'engage à réduire les risques en s'orientant vers une élimination éventuelle de ces produits. Malheureusement, il y a peu de solutions de rechange pour certaines de leurs utilisations. L'élimination de ces utilisations représente donc un défi important à relever non seulement pour l'ARLA mais aussi pour tous les intervenants. Pour l'ARLA, le défi consiste à prendre une décision réglementaire visant l'élimination de tels produits d'une manière qui nuise le moins possible à la protection des récoltes contre les organismes nuisibles. Pour relever ce défi, l'ARLA tient compte des solutions de rechange disponibles et de la nécessité d'une période de transition pour les utilisations pour lesquelles les solutions de rechanges sont limitées ou inexistantes. Pour l'industrie, le défi consiste à élaborer des solutions de rechange à l'intérieur du délai relativement court du projet d'élimination graduelle. Pour le secteur agricole, le défi consiste à réduire son emploi pendant la période de transition et à faire preuve d'ouverture envers les solutions de rechange. Cela pourrait comprendre un examen des façons d'abandonner ou de réduire les utilisations prophylactiques des pesticides.

8.1 Insecticide systémique en granules Thimet 15-G pour application au sol

Compte tenu du risque élevé pour l'environnement, l'ARLA a décidé que toutes les utilisations du phorate devraient faire l'objet d'une élimination graduelle. L'échéancier proposé pour l'élimination graduelle de toutes les utilisations de l'insecticide systémique en granules Thimet 15-G pour application au sol (numéro d'homologation 24648, LPA) est le suivant :

- Les utilisations sur le maïs, la laitue, les haricots et les rutabagas seraient éliminées graduellement selon l'échéancier suivant :
  1) Dernier jour de vente du Thimet 15-G pour ces utilisations par le titulaire d'homologation : 31 décembre 2002;
  2) Dernier jour de vente du Thimet 15-G pour ces utilisations par les distributeurs et les détaillants : 1er mai 2003;

3) Date de la dernière application de ces produits pour ces utilisations par les utilisateurs et les producteurs agricoles : 31 décembre 2003.

- Les utilisations sur les pommes de terre seraient éliminées graduellement selon l'échéancier suivant :
  1) Dernier jour de vente du Thimet 15-G par le titulaire d'homologation : 31 décembre 2003;
  2) Dernier jour de vente du Thimet 15-G par les distributeurs et les détaillants : 1er mai 2004;
  3) Date de la dernière application de ces produits par les utilisateurs et les producteurs agricoles : 31 décembre 2004.

Selon les renseignements dont dispose l'ARLA, il existe des solutions de rechange efficaces au phorate pour la lutte antiparasitaire dans la culture du maïs, de la laitue, des haricots et du rutabaga. L'ARLA propose donc un échéancier d'élimination graduelle plus court pour ces utilisations, par comparaison à l'utilisation sur les pommes de terre où les solutions de rechange au phorate sont limitées (principalement pour lutter contre la larve de taupin). Ce délai plus long dans le cas de la pomme de terre devrait permettre l'élaboration et l'homologation de solutions de rechange.

Selon l'échéancier précisé ci-dessus, l'homologation de toutes les utilisations du Thimet 15-G sera annulée le 31 décembre 2004. L'élimination des produits restants après l'annulation de l'homologation se fera au frais du propriétaire.

D'ici là, et jusqu'à l'élimination des utilisations les 31 décembre 2003 ou 2004, l'ARLA recommande aux utilisateurs d'observer les mesures suivantes afin d'améliorer la sécurité des marges d'exposition pour les travailleurs affectés au chargement et à l'application de ces produits :

- Chargement : systèmes fermés (emballage Lock'n Load) ainsi que tablier et gants résistants aux produits chimiques;
- Application : habitacle fermé. En l'absence d'habitacle fermé, la personne chargée de l'application devrait porter des vêtements de protection individuelle (survêtement résistant aux produits chimiques par-dessus un pantalon et une chemise à manches longues, gants résistants aux produits chimiques et respirateur).

Les utilisateurs devraient en outre prendre note des préoccupations environnementales suivantes :

- Ce produit est très toxique pour les oiseaux et les petits mammifères, les poissons et les invertébrés aquatiques. Son emploi présente un risque élevé pour ces espèces comme le démontrent des rapports d'incidents d'effets nocifs. Un granule est suffisant pour tuer un petit oiseau ou un petit mammifère.

8.2 Les LMR du phorate

En général, lorsque la réévaluation d'un pesticide est complétée, l'ARLA prévoit prévenir son emploi non autorisé par le biais de la recommandation de nouvelles limites de résidus établies à la limite de quantification de toutes les denrées agricoles non approuvées pour un traitement continu au Canada. Des LMR additionnelles à des fins d'importation seront prises en compte si des données suffisantes sont fournies par les parties intéressées à permettre le réexamen de ces résidus. La date de mise en oeuvre de ces LMR inférieures tiendra compte de la dernière date permise pour emploi de ces produits de traitement contenant du phorate au Canada ainsi que de la période de temps, habituellement une année, prévue pour libérer les voies d'écoulement de ce produit sur le marché. L'EPA des États-Unis a entrepris des mesures similaires dans de telles circonstances. Des propositions de modifications au RAD relatives à ces LMR seront publiées dans la *Gazette* du Canada.

Dans le cas du phorate, il n'existe pas en ce moment de LMR spécifiques. Par conséquent, tous les résidus sur les produits importés ou les denrées domestiques ne doivent pas dépasser 0,1 ppm, une valeur par défaut définie au paragraphe B.15.002(1) du RAD. Tandis que l'emploi du phorate sera abandonné au Canada, il est proposé que les pommes de terre avec des résidus moindre que 0,1 ppm puissent être vendues jusqu'au 31 décembre 2005. Tous les autres produits agricoles, y compris le maïs, la laitue, les haricots et le rutabaga avec des résidus moindre que 0,1 ppm pourraient être vendus jusqu'au 31 décembre 2004. Après ces dates, les produits avec des résidus au-dessus de la limite de quantification ne pourraient être vendus au Canada à moins que des données additionnelles ne soient fournies en appui aux produits importés.

Les parties intéressées à appuyer une LMR à l'importation de denrées spécifiques traitées avec du phorate devraient joindre l'ARLA pendant la période de consultation afin de discuter la soumission de données adéquates en cette matière.

8.3 Proposition de décision de réévaluation

L'ARLA a examiné les renseignements disponibles et a conclu qu'en vertu de l'article 20, l'emploi conforme selon les étiquettes du phorate et de ses préparations commerciales qui le contiennent présente un risque inacceptable pour l'environnement. Par conséquent, compte tenu des considérations mentionnées ci-dessus, les utilisations du phorate et des préparations commerciales qui le contiennent, pour lesquelles il existe des produits de rechange, dans la culture du maïs, de la laitue, des haricots et du rutabaga fera l'objet d'une élimination graduelle d'ici la fin de 2003. En ce qui concerne l'utilisation sur les pommes de terre, pour laquelle il existe peu de pesticides de rechange (surtout contre les larves de taupin), l'ARLA propose une élimination graduelle d'ici la fin de 2004.

Il est proposé que le *Règlement sur les aliments et drogues* (RDA) soit modifié de sorte que les aliments contenant des résidus quantifiables de phorate ne puissent être vendus au Canada une fois que l'emploi du phorate au Canada sera abandonné, à moins que des données additionnelles ne soient fournies en appui à la présence de résidus de phorate dans les aliments importés.

L'ARLA recevra les commentaires écrits relatifs au présent document pendant les 60 jours qui suivent la date de publication du présent document afin de permettre aux parties intéressées d'exprimer leur point de vue sur cette proposition de décision de réévaluation relative à ces produits.

Liste des abréviations

ARLA	Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire
BDEMP	Base de données sur l'exposition des manipulateurs de pesticides
CL_{50}	concentration létale à 50 %
CR	coefficient de risque
CSENO	concentration sans effet nocif observéle
DAR	dose aiguë de référence
DEFRA	Department for Environment, Food & Rural Affairs (R.-U.)
DJA	dose journalière acceptable
DL_{50}	dose létale à 50 %
DPT	doryphore de la pomme de terre
EPA	Environmental Protection Agency
É.-U.	États-Unis
j	jour(s)
K_{co}	coefficient d'absorption normalisé pour le carbone organique
kg	kilogramme
K_{oe}	coefficient de partage *n*-octanol-eau
LI	lutte intégrée
LMR	limite maximale des résidus
m	mètre
MAFF	Ministry of Agriculture, Forestry and Food, Royaume-Uni (ancien nom de DEFRA)
m. c.	masse corporelle
MC	mouche du chou
ME	marge d'exposition
mg	milligramme
NPEP	niveau de préoccupation de l'eau potable
Pa	Pascal
PGST	Politique de gestion des substances toxiques
RAD	Réglement sur les aliments et drogues
RED	Registration Eligibility Document
RP	résidu préoccupant
R.-U.	Royaume-Uni
TD_{50}	temps de dissipation à 50 %

Annexe I Rapports de décès d'oiseaux attribuables à l'application de phorate en granules

La documentation contient amplement de données qui indiquent que l'utilisation du phorate en granules provoque beaucoup de décès chez les oiseaux. Au Canada, tous les incidents signalés sont reliés à une étude spéciale sur les effets des insecticides en granules sur les oiseaux de proie dans l'Ouest canadien (Elliot et coll., 1997; Mineau et coll., 1999; Mineau, 1999; Wilson, 1996). Huit incidents de décès d'oiseaux sont recensés dans la base de données du Service canadien de la faune (CSF), notamment en ce qui concerne le pygargue à tête blanche et d'autres oiseaux de proie (Mineau, 1999). Un incident survenu près de Beaverhill Lake en Alberta a causé la mort de 27 oiseaux (busards Saint-Martin). Wilson et coll. (1996) rapportent aussi 36 incidents impliquant la sauvagine survenus entre 1960 et 1994 dans la vallée du bas Fraser en C.-B. où l'on a constaté le décès de 2 100 oiseaux attribuable aux insecticides en granules (phorate, fonofos, terbufos et carbofurane). Une proportion non spécifiée de ces incidents est attribuable au phorate.

Aucune autre donnée spécifique au phorate n'est disponible au Canada. Cependant, il n'existe actuellement aucun système de surveillance pour de tels incidents. Les données sont tirées d'études spéciales plutôt que de surveillance et de rapports réguliers. Il existe des données sur les effets d'autres insecticides en granules sur les oiseaux dans d'autres régions du Canada.

Des incidents impliquant des décès d'oiseaux attribuables à l'emploi du phorate en granules ont aussi été signalés aux É.-U, et au R.-U. Aux É.-U., comme le rapporte le RED de l'EPA (EPA RED, 1999), un de ces incidents a causé la mort de 2 008 oiseaux (carouges, faisans, pigeons). D'autres incidents ont démontré des effets sur une grande variété d'oiseaux de toutes tailles, notamment chez les oiseaux de proie, la sauvagine, les oiseaux de rivage, le goéland, l'aigrette, la caille, la gélinotte, le courlis et les oiseaux chanteurs. Dans six de ces incidents, le nombre d'oiseaux morts allait de 60 à 200 par incident. Dans un des cas, sept pygargues à tête blanche et un aigle royal ont été trouvés morts à la suite d'un empoisonnement secondaire au phorate.

Les décès dans la faune aviaire au R.-U. (MAFF, 1994) touchent la sauvagine, le vanneau, le goéland, le faisan et la perdrix. Le nombre d'oiseaux morts variait de 2 à 32 par incident et, dans un des cas, on n'a pas compté le nombre d'oiseaux morts, mais on a signalé qu'ils étaient « nombreux ».

Bibliographie

Elliott, J., L. Wilson, K. Langelier, P. Mineau, et P. Sinclair. 1997. *Secondary Poisoning of Birds of Prey by the Organophosphorus Insecticide, Phorate*. Ecotoxicology. Vol. 6, pages 219 – 231.

MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries & Food, Pesticides Safety Directorate). 1994. *Review of Phorate, Agricultural and Horticultural Uses*. 117 pages.

Mineau P. 1999. Base de données du Service canadien de la faune sur les insecticides en granules.

Mineau P., M. Fletcher, L. Glaser, N. Thomas, C. Brassard, L. Wilson, J. Elliott, L. Lyon, C. Henny, T. Bollinger, et S. Potter. 1999. *Poisoning of Raptors with OrganoPhosphorus and Carbamate Pesticides with Emphasis on Canada, U.S. and U.K.* J. Raptor Res. Vol. 33, pages 1 – 37.

U.S. EPA RED. 1999. *Reevaluation Document for Phorate*. 74 pages.

Wilson L., J.E. Elliot S. Szeto. 1996. *Retention of Insecticide in Granule and its Potential Hazard to WiDLife. Presentation at SETAC Meeting*. Washington D.C. 17 pages.

Annexe II Renseignements utilisés pour évaluer l'exposition de surface du phorate en granules

La documentation renferme plusieurs titres indiquant que des granules demeurent exposés à la surface même lorsque l'on a recours aux techniques d'application sous la surface comme celle dans la raie du semis. Il y a en outre une nouvelle étude menée par le Service canadien de la faune (Clark, 1997). Pour ce qui est de l'application dans la raie du semis, l'EPA américaine utilise l'exposition de surface de 1 % (c.-à-d. 1 % non incorporé) comme la norme dans toutes ses évaluations du risque inhérent aux insecticides en granules (U.S. EPA RED, 1999). L'ARLA utilise la même valeur dans son évaluation du risque et cette estimation est non conservatrice. La majeure partie de la documentation indique que l'application sous la surface donne un taux d'exposition à la surface beaucoup plus élevé. Erbach et Tollefson (1983) soulignent que l'incorporation à l'aide d'une roue plombeuse résulte en une exposition à la surface de 15 %. Hummel (1983) a observé que de 4 à 31 % du produit reste à la surface après l'application en ruban de part et d'autre du rang et que l'application dans la raie du semis résulte généralement en une exposition à la surface de 1 %. L'EPA fonde ses estimations sur celles de Hummel (1983). Une exposition supplémentaire se manifeste dans les tournières. Maze et coll. (1991) ont observé des expositions de 0,1 à 7 % des granules appliqués par semoir à roue plombeuse à deux disques, par semoir à houe et par semoir pneumatique. Segstro (1998) a observé une exposition de surface de 1 à 5 % par l'application dans la raie du semis.

La majeure partie de la documentation disponible sur l'application d'insecticides en granules dans la raie du semis offre des données sur l'efficacité pour le maïs, les céréales et d'autres cultures. Il n'existe aucune documentation sur l'efficacité de l'application pour les pommes de terre. Par contre, peu importe les méthodes employées pour l'application dans la raie du semis ou son efficacité, les observations faites dans l'Ouest canadien (Mineau, 1999) indique que l'utilisation du phorate (principalement sur les pommes de terre) provoque des décès d'oiseaux. Compte tenu de sa toxicité extrême, (0,6 granules/DL_{50} pour un petit oiseau, 10 g de masse corporelle, 42 granules/DL_{50} pour un gros oiseau, 1,2 kg de masse corporelle), un nombre relativement peu élevé de granule est nécessaire pour provoquer la mort d'un oiseau et un nombre encore plus petit provoque une inhibition sublétale de la cholinestérase.

Bibliographie

Clark, A. 1997. *Factors Affecting Soil Surface Densities of Granular Pesticides and Treated Fields*. Rapport du Service canadien de la faune.

Erbach, D.C. et J.J. Tollefson, 1983. *Granular Insecticide Application for Corn Rootworm Control*. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers.

Hummel, J.W., L.M. Wax et D.I. Edwards. 1992. *Incorporation and Fate of Granular Soil Insecticides*. Trans ASAE, Vol. 35(3) : 773 – 779.

Hummel, J.W. 1983. *Incorporation of granular soil insecticides by corn planters*. Paper 83 – 1017. Proceedings 1983 Summer Meeting of the ASAE, Bozeman MT U.S.A. Juin 26 – 29.

Maze, R.C., R.P. Atkins, P. Mineau, et B. T. Collins. 1991. *Measurement of Surface Pesticide Residue In Seeding Operations*. Am Soc Agricultural Engineers, Vol. 34(3).

Pettifor, M.J. 1987. *Practical problems in achieving recommended placement of granules. In Application to Seeds and Soil*. BCPC Mono. Vol. 39 : 333 – 335.

Segstro, M., 1998. *A Review of the 1997 Furadan 5-G Avian Field Monitoring Study, From the Viewpoint of Environmental Protection*. Rapport de l'ARLA. 30 juillet 1998. 33 pages.

U.S. EPA RED. 1999. *Reregistration Document for Phorate*. 74 pages.